

Analisis Perbandingan Material Slab Beton Pada Perkerasan Apron dengan Menggunakan Program Bantu Elemen Hingga

Hendrawan Setyo Warsito, Ervina Ahyudanari dan Januari Jaya Ekaputri
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: ervina@ce.its.ac.id, januarti@ce.its.ac.id

Abstrak - Kekuatan slab beton sangat dipengaruhi oleh jenis material yang dipakai. Jenis material yang dimaksud adalah material beton dengan menggunakan PC (Portland Cement) dan penggunaan geopolimer dalam komposisi campuran slab beton. Beton geopolimer merupakan beton yang ramah lingkungan.

Permasalahan lain yang timbul adalah letak roda pesawat tidak selalu berada pada titik yang sama disuatu permukaan slab beton apron. Pada tugas akhir ini dimaksudkan untuk menganalisis suatu slab beton yang dibebani roda pesawat dengan campuran variasi material beton dan variasi letak roda pesawat pada slab beton dengan program bantu metode elemen hingga.

Dengan data pergerakan pesawat, spesifikasi apron bandara Juanda kondisi eksisting. Dilakukan perhitungan tebal slab beton menggunakan software FAARFIELD dan diperoleh tebal slab beton sebesar 442,5 mm.

Dari analisis program bantu elemen hingga dapat diperoleh tegangan pada slab beton yang ditimbulkan oleh pembebanan roda pesawat. Hasil validasi dari analisis tegangan menggunakan program bantu elemen hingga dengan analisis Westergaard yaitu memiliki nilai tegangan yang hampir sama pada ketebalan slab beton 450mm.

Nilai tegangan tiap-tiap material beton menunjukkan nilai tebal slab beton yang diijinkan untuk tipe pesawat tertentu. Dari analisis menggunakan program bantu elemen hingga tebal slab beton yang diijinkan untuk material slab beton PC yaitu sebesar 425mm. Sedangkan untuk material beton geopolimer yaitu sebesar 415 mm.

Kata Kunci - Apron, Beton Geopolimer, Perkerasan Kaku, Program Bantu Elemen Hingga, Slab Beton, Westergaard.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

PERKERASAN kaku pada apron bandara didesain menggunakan beban statis. Slab beton merupakan komponen utama pada struktur perkerasan kaku apron untuk memikul beban pesawat. Pada tugas akhir ini dimaksudkan untuk menganalisis suatu slab beton yang dibebani roda pesawat[1] dengan material beton PC (*Portland Cement*) dan variasi campuran material beton yang berbeda. Variasi campuran material yang dimaksud adalah penggunaan geopolimer dalam komposisi campuran slab beton. Beton geopolimer sendiri adalah jenis beton yang 100% tidak menggunakan semen dan beton geopolimer sendiri merupakan beton yang ramah lingkungan.

Simulasi variasi beban pesawat dan karakteristik material beton dimaksudkan untuk mengetahui efek beban dilapangan terhadap tegangan-tengangan yang terjadi pada slab beton. Dari simulasi diharapkan hasil yang dapat memberikan gambaran yang lengkap dari suatu uji material beton baru yang dilakukan di laboratorium. Dengan diketahuinya perilaku slab beton dari berbagai bahan campuran slab beton, nantinya dapat direkomendasikan campuran material slab beton yang sesuai untuk memfasilitasi pergerakan pesawat.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka terdapat beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bagaimana menentukan tebal slab beton pada perkerasan kaku di apron dengan menggunakan program FAARFIELD?
2. Bagaimana memodelkan perkerasan slab beton untuk apron pada program bantu elemen hingga?
3. Bagaimana pengaruh variasi letak roda pendaratan pesawat terhadap tegangan yang terjadi pada perkerasan slab beton PC (*Portland Cement*)?
4. Bagaimana pengaruh variasi material beton terhadap daya dukung perkerasan slab beton pada apron?
5. Berapa lama slab beton pada perkerasan kaku dapat memberikan layanan di apron?

C. Tujuan

Dari permasalahan yang ada diatas, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan tugas akhir adalah :

1. Mengetahui tebal slab beton yang dihasilkan dengan menggunakan program FAARFIELD
2. Mengetahui cara memodelkan perkerasan slab beton untuk apron pada program bantu elemen hingga.
3. Menganalisis pengaruh variasi letak roda pendaratan pesawat pada slab beton terhadap tegangan yang terjadi pada perkerasan slab beton PC (*Portland Cement*).
4. Menganalisis pengaruh variasi material geopolimer terhadap daya dukung slab beton pada apron.
5. Mengetahui jangka waktu ketahanan slab beton terhadap daya dukung memberikan layanan pada apron.

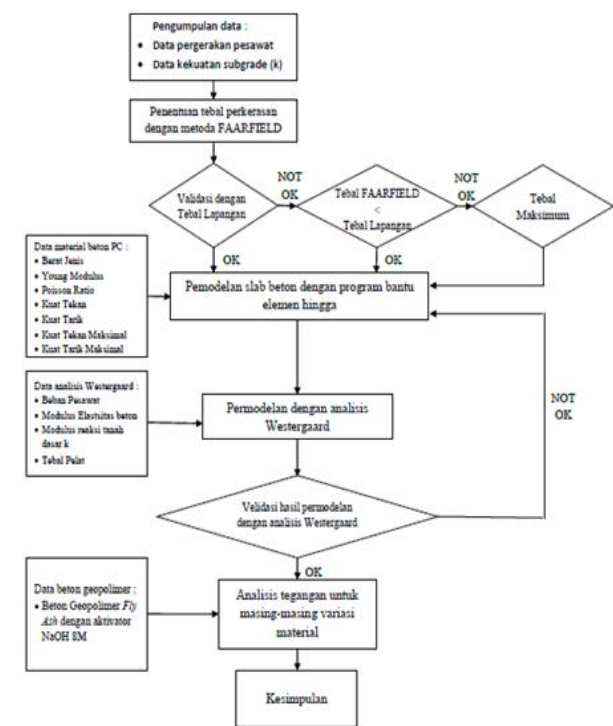
D. Batasan dan Ruang Lingkup

Dalam penulisan tugas akhir ini terdapat batasan masalah agar materi yang dibahas didalamnya tidak menyimpang dan tetap fokus. Batasan masalah tersebut antara lain :

1. Untuk pembebanan digunakan tipe pesawat hasil perhitungan beban terbesar dari masing-masing roda pesawat.
2. Faktor cuaca tidak diperhitungkan.
3. Ejek jet blast tidak diperhitungkan.
4. Jenis campuran material beton geopolimer telah ditentukan dan diuji di laboratorium.
5. Daya dukung perkerasan tanah dasar (nilai k) ditentukan pada Bandara Juanda dengan Nilai k yang sesuai dengan nilai PCN apron, yaitu pada terminal 1 : 98/R/C/X/T sedangkan pada terminal 2 : 77/R/C/X/T. Dengan kode C maka nilai “k” dapat diperoleh 25-60 MN/m³

II. URAIAN PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam studi ini dimulai dengan pengumpulan data pergerakan pesawat dan data kekuatan tanah dasar. Data yang diperoleh digunakan untuk membuat permodelan dengan program bantu elemen hingga. Hasil dari permodelan tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh jenis material terhadap kekuatan beton yang dibebani roda pesawat.



Gambar 1-Diagram Alir Analisis Data

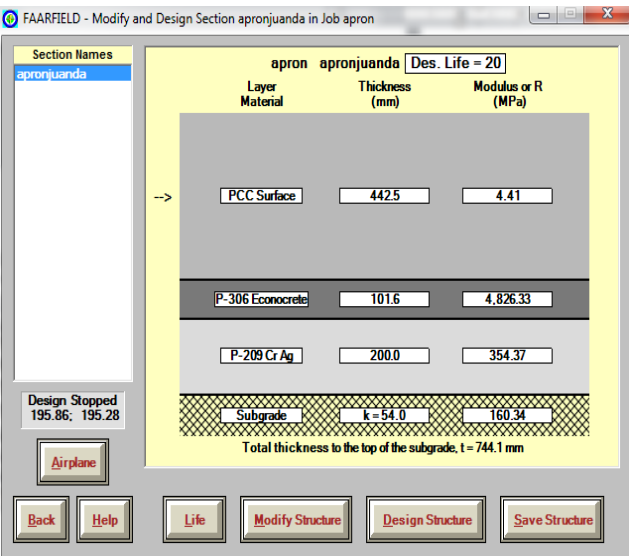
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Umum

Dalam bab ini dilakukan analisis terhadap data yang ada untuk mendapatkan nilai tegagan dari perkerasan pada apron sesuai dengan tujuan dari tugas akhir ini. Nilai tegangan diperoleh dari mensimulasikan letak beban pada suatu slab beton. Simulasi dari tugas akhir ini digunakan program bantu dengan metode elemen hingga. Hasil dari simulasi dengan program bantu elemen hingga akan divalidasi dengan perhitungan tegangan metode Westergaard. Adapun langkah pertama sebelum permodelan adalah penentuan tebal perkerasan. Tebal perkerasan diperoleh dengan perhitungan menggunakan program bantu FAARFIELD [2]&[3]. Dan hasil dari perhitungan FAARFIELD akan dikomparasikan dengna tebal perkerasan di lapangan. Hasil komparasi akan menjadi acuan dalam membuat model perkerasan slab beton dengan program bantu elemen hingga.

B. Analisis Tebal Perkerasan Menggunakan FAARFIELD

Pada studi kasus ini dilakukan analisis penentuan tebal slab menggunakan software Dari software FAARFIELD. Data yang digunakan adalah data pergerakan pesawat di Juanda pada tahun 2014 dan kondisi eksisting apron bandara Juanda. Dari hasil analisis FAARFIELD dihasilkan tebal pelat beton sebesar 442,5 mm. Berdasarkan data yang ada yaitu tebal perkerasan slab beton pada lapangan yakni 450 mm. Sehingga dalam menganalisis tegangan pelat beton PC digunakan tebal lapangan yakni sebesar 450 mm.



Gambar 2–Hasil Analisis Menggunakan FAARFIELD

C. Analisis Tegangan Slab Beton menggunakan program bantu elemen hingga dan divalidasi dengan metode Westergaard

Jenis material yang digunakan pada tahap analisis ini adalah material beton PC dengan karakteristik yang sama dengan material beton PC pada bandara Juanda, Surabaya. Untuk karakteristik beton PC yang digunakan dalam program bantu elemen hingga dapat dilihat dalam tabel 4.2. sedangkan untuk berat jenis yang digunakan adalah sebesar 2400 kg/m³. Untuk kuat tekan dari slab beton PC yang digunakan adalah sebesar f’c = 32,85 Mpa dengan kuat tarik sebesar 3,28 Mpa.

Tabel 1
Input Material[5]

No.	Type	Poisson's Ratio	Strength R,MPa
1	PCC Surface	0,15	4,41
2	Base	0,2	0
3	Subbase	0,35	0
4	Subgrade	0,4	0

1. Keadaan I *Single Wheel (Interior Loading)*

Keadaan I yaitu beban diterapkan pada bagian tengah suatu pelat yang terletak cukup jauh dari tepi atau sambungan.

Tabel 2

Validasi Tegangan Analisis Program Bantu Elemen Hingga dengan Westergaard *Single Wheel (Interior Loading)*

No	Tebal Pelat (mm)	<i>Interior Loading Single Wheel</i>	
		Tegangan Tarik Maksimum Program Bantu Elemen Hingga (Mpa)	Tegangan Tarik Maksimum Westergaard (Mpa)
1	310	3,2949	2,8925
2	330	2,8991	2,5992
3	350	2,5688	2,3475
4	370	2,2890	2,1299
5	390	2,0508	1,9405
6	410	1,8462	1,7747
7	430	1,6692	1,6287
8	450	1,5151	1,4995
9	470	1,3801	1,3847
10	490	1,2615	1,2822
11	510	1,1566	1,1904
12	530	1,0634	1,1078
13	550	0,9804	1,0333
14	570	0,9061	0,9658
15	590	0,8394	0,9045

2. Keadaan II *Single Wheel (Edge Loading)*
- Beban diterapkan di dekat tepi pelat atau sambungan yang tidak mempunyai kemampuan untuk menyalurkan beban

Tabel 3

Validasi Tegangan Analisis Program Bantu Elemen Hingga dengan Westergaard *Single Wheel (Edge Loading)*

No	Tebal Pelat (mm)	<i>Edge Loading Single Wheel</i>	
		Tegangan Tarik Maksimum Program Bantu Elemen Hingga (Mpa)	Tegangan Tarik Maksimum Westergaard (Mpa)
1	310	5,9334	5,2344
2	330	5,2435	4,7436
3	350	4,6668	4,3214
4	370	4,1816	3,9554
5	390	3,7661	3,6359
6	410	3,4094	3,3552
7	430	3,0997	3,1070
8	450	2,8296	2,8865
9	470	2,5928	2,6896
10	490	2,3832	2,5130
11	510	2,1973	2,3539
12	530	2,0317	2,2101
13	550	1,8833	2,0795
14	570	1,7500	1,9607
15	590	1,6294	1,8521

3. Keadaan III *Single Wheel (Corner Loading)*
- Beban diterapkan di ujung pelat. Pada contoh dibawah dihitung tegangan tarik pada dasar pelat

Tabel 4

Validasi Tegangan Analisis Program Bantu Elemen Hingga dengan Westergaard *Single Wheel (Corner Loading)*

No	Tebal Pelat (mm)	<i>Corner Loading Single Wheel</i>	
		Tegangan Tarik Maksimum Program Bantu Elemen Hingga (Mpa)	Tegangan Tarik Maksimum Westergaard (Mpa)
1	310	4,6163	3,5917
2	330	4,0121	3,2537
3	350	3,5088	2,9609
4	370	3,0865	2,7059
5	390	2,7277	2,4825
6	410	2,4218	2,2856
7	430	2,1591	2,1113
8	450	1,9321	1,9563
9	470	1,7350	1,8179
10	490	1,5631	1,6937
11	510	1,4125	1,5819
12	530	1,2800	1,4809
13	550	1,1631	1,3893
14	570	1,0595	1,3061
15	590	0,9674	1,2301

4. Keadaan I *Dual Wheel (Interior Loading)*
- Pada keadaan I beban dua roda diterapkan pada bagian tengah suatu pelat yang terletak cukup jauh dari tepi atau sambungan.

Tabel 5

Validasi Tegangan Analisis Program Bantu Elemen Hingga dengan Westergaard *Dual Wheel (Interior Loading)*

No	Tebal Pelat (mm)	<i>Interior Loading Dual Wheel</i>	
		Tegangan Tarik Maksimum Program Bantu Elemen Hingga (Mpa)	Tegangan Tarik Maksimum Westergaard (Mpa)
1	310	3,5117	2,3187
2	330	3,1043	2,1526
3	350	2,7647	2,0027
4	370	2,4786	1,8673
5	390	2,2355	1,7448
6	410	2,0270	1,6339
7	430	1,8470	1,5352
8	450	1,6903	1,4416
9	470	1,5532	1,3606
10	490	1,4323	1,2904
11	510	1,3254	1,2252
12	530	1,2302	1,1648
13	550	1,1451	1,1085
14	570	1,0686	1,0562
15	590	0,9996	1,0074

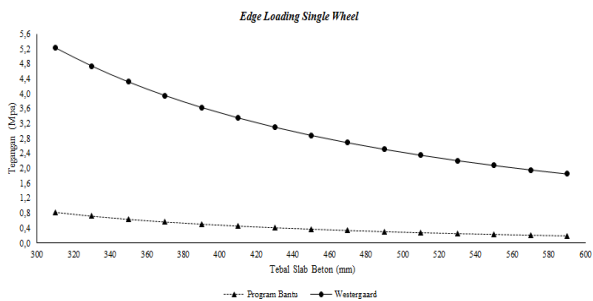
5. Keadaan II *Dual Wheel (Edge Loading)*
- Beban dua roda diterapkan di dekat tepi pelat atau sambungan yang tidak mempunyai kemampuan untuk menyalurkan beban.

Tabel 6

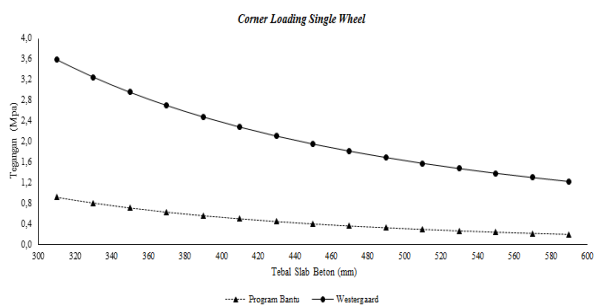
Validasi Tegangan Analisis Program Bantu Elemen Hingga dengan Westergaard *Dual Wheel (Edge Loading)*

No	Tebal Pelat (mm)	<i>Edge Loading Dual Wheel</i>	
		Tegangan Tarik Maksimum Program Bantu Elemen Hingga (Mpa)	Tegangan Tarik Maksimum Westergaard (Mpa)
1	310	5,8416	3,6244
2	330	5,1612	3,3927
3	350	4,5939	3,1815
4	370	4,1160	2,9889
5	390	3,7095	2,8129
6	410	3,3607	2,6520
7	430	3,0393	2,5045
8	450	2,7970	2,3692
9	470	2,5672	2,2447
10	490	2,3648	2,1300
11	510	2,1855	2,0241
12	530	2,0260	1,9261
13	550	1,8833	1,8353
14	570	1,7552	1,7510
15	590	1,6398	1,6726

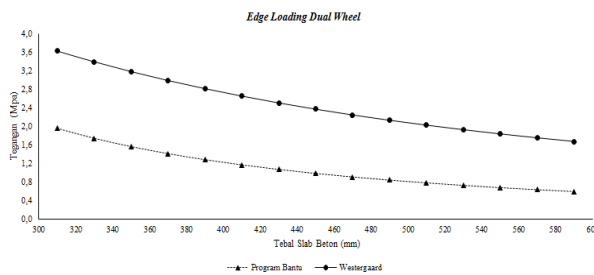
- D. Analisis Sensitivitas
- Pada tahap analisis ini dicoba permodelan slab beton yang bertujuan untuk mengetahui sensitivitas penggunaan program bantu elemen hingga terhadap beberapa keadaan
1. Analisis Sensitivitas Terhadap Perletakan
- Pada tahap ini dilakukan analisis tegangan untuk semua variasi letak roda pesawat keadaan I, keadaan II dan keadaan III dibuat dengan asumsi perletakan yang sama. Asumsi perletakan untuk keadaan II dan keadaan III dibuat sama dengan keadaan I yaitu disemua sisi diasumsikan menggunakan perletakan *fixed support*.



Gambar 3–Keadaan II *Edge Loading Single Wheel* Asumsi *Fixed Support*



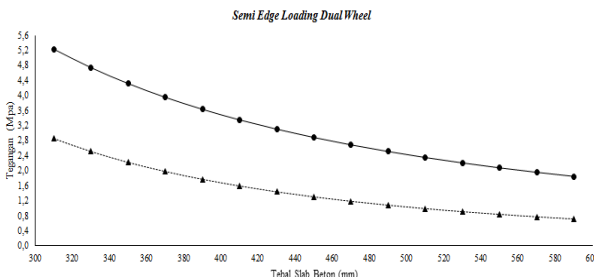
Gambar 4–Keadaan III *Corner Loading Single Wheel* Asumsi *Fixed Support*



Gambar 5–Keadaan II *Edge Loading Dual Wheel* Asumsi *Fixed Support*

2. Analisis Sensitivitas Terhadap Perletakan

Pada tahap ini melakukan analisis tegangan yang terjadi di suatu slab beton apabila letak roda pesawat berada pada diantara *interior dan edge* yaitu berjarak 1082,27 mm dari pinggir slab beton. Pada tahap ini roda pesawat digunakan beban roda *single wheel* yang kemudian hasil tegangan di tiap-tiap ketebalan akan divalidasi dengan analisis Westergaard keadaan II *edge loading single wheel*. Asumsi perletakan yang digunakan adalah dibuat sama dengan keadaan I yaitu disemua sisi diasumsikan menggunakan perletakan *fixed support*.



Gambar 6–Analisis Sensitivitas Terhadap Letak Roda Pesawat

E. Menentukan Tebal Slab Beton Ijin Tiap-Tiap Variasi Material Slab Beton

Variasi material slab beton yang digunakan adalah variasi campuran material beton geopolimer[4]. Beton geopolimer akan dianalisis dengan program bantu elemen hingga dengan metode yang sama seperti halnya menganalisis beton PC. Pada tahap analisis ini *input* material properti beton geopolimer yang digunakan adalah material beton geopolimer yang telah diuji di dalam laboraturim. Hasil dari analisis beton geopolimer ini nanti akan dibandingkan dengan hasil analisis beton PC, sehingga hasil dari perbandingan akan diperoleh material slab beton yang paling efektif. Jenis-jenis material Geopolimer yang digunakan

- Beton Geopolimer 1 (GC-1,5-0,4): Beton Geopolimer 8M dengan perbandingan massa alkali aktifator $\frac{Na_2SiO_3}{NaOH} = 1.5$ dengan penambahan serat PVA sebesar 0.4%
- Beton Geopolimer 2 (GC-1,5-0,6): Beton Geopolimer 8M dengan perbandingan massa

- alkali aktifator $\frac{Na_2SiO_3}{NaOH} = 1.5$ dengan penambahan serat PVA sebesar 0.6%
- Beton Geopolimer 3 (GC-2,0-0,6): Beton Geopolimer 8M dengan perbandingan massa alkali aktifator $\frac{Na_2SiO_3}{NaOH} = 2.0$ dengan penambahan serat PVA sebesar 0.6%
- Beton Geopolimer 4 (GC-2,5-0,4): Beton Geopolimer 8M dengan perbandingan massa alkali aktifator $\frac{Na_2SiO_3}{NaOH} = 2.5$ dengan penambahan serat PVA sebesar 0.4%
- Beton Geopolimer 5 (GC-2,5-0,6): Beton Geopolimer 8M dengan perbandingan massa alkali aktifator $\frac{Na_2SiO_3}{NaOH} = 2.5$ dengan penambahan serat PVA sebesar 0.6%
- Beton Geopolimer 6 (GC-2,5-0,8): Beton Geopolimer 8M dengan perbandingan massa alkali aktifator $\frac{Na_2SiO_3}{NaOH} = 2.5$ dengan penambahan serat PVA sebesar 0.8%

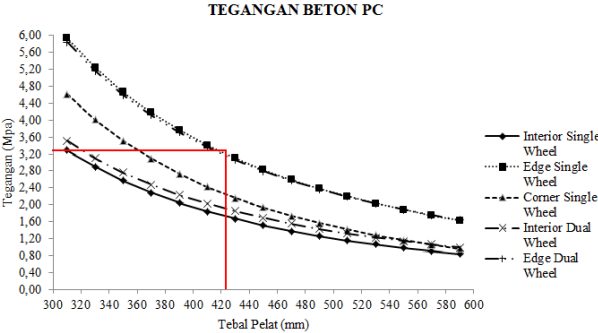
Adapun rekapan karakteristik material dari tiap-tiap jenis beton geopolimer yang digunakan sebagai permodelan dalam program bantu elemen hingga yaitu:

Tabel 7
Input Karakteristik Jenis Material Beton Geopolimer [6]

No	Jenis Beton	Berat Jenis	Kuat Tekan	Modulus Elastisitas	Poisson Ratio
		(kg/m ³)	(Mpa)	(Mpa)	
1	GC-1,5-0,4	2427,12	61,6	20910	0,381
2	GC-1,5-0,6	2443,25	57,6	24470	0,054
3	GC-2,0-0,6	2438,996	69	15060	0,292
4	GC-2,5-0,4	2455,516	51,4	24010	0,006
5	GC-2,5-0,6	2462,445	54	7980	0,165
6	GC-2,5-0,8	2475,11	56,9	13000	0,383

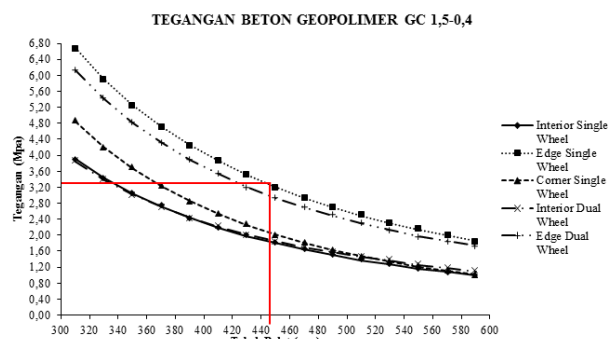
Untuk menentukan tebal slab beton yang diijinkan digunakan nilai tegangan pada slab beton. Nilai tegangan tarik maksimum yang diijinkan untuk semua jenis material disamakan dengan nilai kuat tarik beton Portland Cement (PC) yaitu diambil sebesar 10% dari kuat tekan beton maksimum yaitu 3,28 Mpa.

- a. Slab beton PC
- Jadi tebal slab beton minimum yang dapat digunakan untuk beton PC sebesar 425 mm.



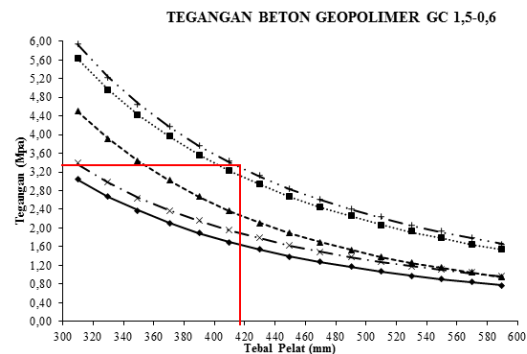
Gambar 7-Tebal Slab Minimum Beton PC

- b. Slab Beton Geopolimer GC-1,5-0,4
- Jadi tebal slab beton minimum yang dapat digunakan untuk beton geopolimer GC-1,5-0,4 sebesar 445 mm.



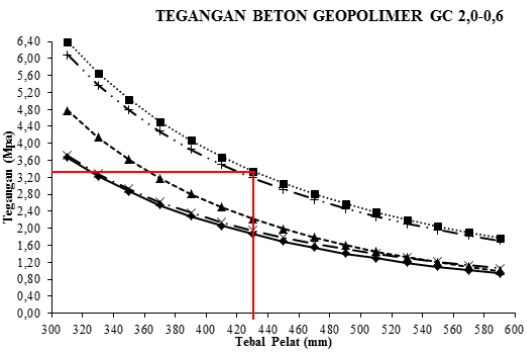
Gambar 8-Tebal Slab Minimum Beton Geopolimer GC-1,5-0,4

c. Slab Beton Geopolimer GC-1,5-0,6
Jadi tebal slab beton minimum yang dapat digunakan untuk beton geopolimer GC-1,5-0,6 sebesar 418 mm.



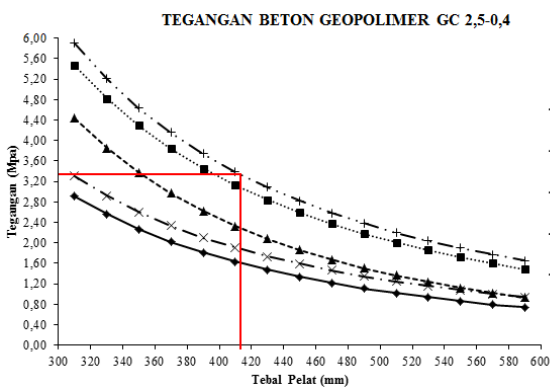
Gambar 9-Tebal Slab Minimum Beton Geopolimer GC-1,5-0,6

d. Slab Beton Geopolimer GC-2,0-0,6
Jadi tebal slab beton minimum yang dapat digunakan untuk beton geopolimer GC-2,0-0,6 sebesar 430 mm.



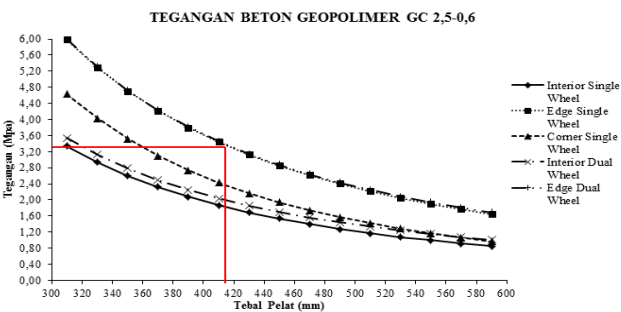
Gambar 10-Tebal Slab Minimum Beton Geopolimer GC-2,0-0,6

e. Slab Beton Geopolimer GC-2,5-0,4
Jadi tebal slab beton minimum yang dapat digunakan untuk beton geopolimer GC-2,5-0,4 sebesar 415 mm.



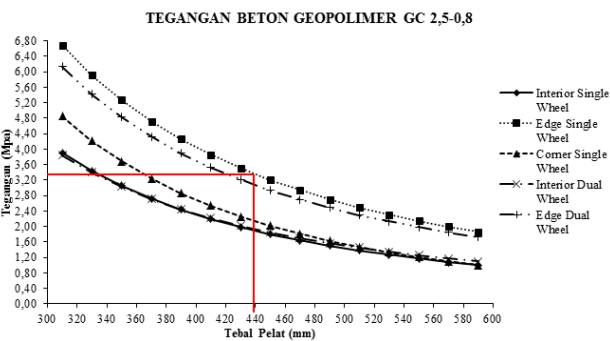
Gambar 11-Tebal Slab Minimum Beton Geopolimer GC-2,5-0,4

f. Slab Beton Geopolimer GC-2,5-0,6
Jadi tebal slab beton minimum yang dapat digunakan untuk beton geopolimer GC-2,5-0,6 sebesar 416 mm.



Gambar 12-Tebal Slab Minimum Beton Geopolimer GC-2,5-0,6

g. Slab Beton Geopolimer GC-2,5-0,8
Jadi tebal slab beton minimum yang dapat digunakan untuk beton geopolimer GC-2,5-0,8 sebesar 440 mm.



Gambar 13-Tebal Slab Minimum Beton Geopolimer GC-2,5-0,8

F. Faktor Kelelahan (*Fatigue*)

Berdasarkan hasil perhitungan faktor kelelahan(*Fatigue*) dengan metode PCA beton dengan material beton PC juanda masih dapat melayani pergerakan pesawat dalam kurun waktu lebih dari 20 tahun dikarenakan nilai total kerusakan pada material slab beton apron hanya sebesar 83,56% sedangkan material slab beton dikatakan kritis apabila total kerusakan sudah mencapai 100%. Rekapitulasi perhitungan dapat dilihat dalam tabel 6 dibawah ini.

Tabel 8
Rekapitulasi Faktor Kelelahan Beton

No	Type Pesawat	Total Annual deparures	Weight on main gear	Tegangan lentur	MR_{90}	Stress Ratio	Repetisi Beban Diijinkan	LRF	Fatigue Repetition	Kapasitas Struktural
1	B732	3916	108100	270	640,05	0,422	∞	∞	∞	∞
2	B733	1609	127120	290	640,05	0,453	∞	∞	∞	∞
3	B734	13716	141319,5	310	640,05	0,484	1805912	0,0057	78,130	0,087
4	B735	3503	123414	290	640,05	0,453	∞	∞	∞	∞
5	B738	9942	163519,2	360	640,05	0,562	100000	0,0746	741,325	14,827
6	B739	21392	163519,2	360	640,05	0,562	100000	0,1604	3432,132	68,643
7	B744	32	810348	380	640,05	0,609	23885	0,0010	0,032	0,003
8	B76	559	324024	325	640,05	0,508	533692	0,0008	0,439	0,002
TOTAL		54669								83,560

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

- Desain tebal pelat beton pada struktur perkerasan apron yang dilakukan dengan metode FAA dengan software FAARFIELD menghasilkan nilai sebesar 442,5 mm. Tebal perkerasan yang dihasilkan oleh FAARFIELD lebih kecil dari kondisi real dari bandara Juanda yang saat ini sebesar 450 mm.

2. Permodelan slab beton untuk apron pada program bantu elemen hingga yaitu digunakan slab beton berbentuk kubus dengan ukuran 5000 x 5000 mm, dengan ketebalan bervariasi mulai dari 310-590 mm dengan kelipatan 20 mm. Ukuran meshing sebesar 50 mm dengan bentuk kotak. Untuk pembebanan pada analisis ini digunakan pembebanan roda pesawat B737-400.
3. Dalam menganalisis tegangan yang terjadi pada serat bawah slab beton apron menggunakan program bantu elemen hingga yang telah diverifikasi dengan analisis Westergaard, variasi letak pembebanan roda sangat berpengaruh pada distribusi tegangan tarik maksimum. Nilai tegangan tarik maksimum terjadi pada keadaan *edge loading*. Dalam hasil analisis sensitivitas menggunakan program bantu elemen hingga yang diverifikasi dengan analisis Westergaard nilai tegangan slab beton pada serat bawah hanya berlaku pada kondisi *Interior loading*. Nilai tegangan pada hasil analisis sensitivitas tidak bisa diverifikasi dengan Westergaard jika kondisi pembebanan terletak pada *edge* dan *corner*. Selain itu dalam permodelan slab beton nilai tegangan pada serat bawah slab beton sangat sensitif terhadap perletakan, karakteristik material seperti Modulus Elastisitas dan *Poisson ratio*. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas terhadap letak pembebanan, permodelan slab beton akan valid jika nilai tegangan dengan asumsi pembebanan terjadi hanya pada *Interior Loading* dikarenakan pada analisis Westergaard tidak mendefinisikan letak roda yang dimaksud pada keadaan *corner loading* dan *edge loading*.
4. Variasi material yang digunakan dalam slab beton apron sangat berpengaruh pada ketebalan slab beton yang digunakan. Berdasarkan hasil analisis menggunakan program bantu program bantu elemen hingga tebal slab beton dengan material beton PC tebal slab beton minimum yang dapat digunakan sebesar 415 mm. Untuk jenis dari seluruh material beton geopolimer tebal slab beton paling minimum yang dapat digunakan yaitu sebesar 415 mm dari beton geopolimer jenis 4 (GC-2,5-0,4).
5. Berdasarkan hasil perhitungan faktor kelelahan (*Fatigue*) dengan metode PCA beton dengan material beton PC juanda masih dapat melayani pergerakan pesawat dalam kurun waktu lebih dari 20 tahun dikarenakan nilai total kerusakan pada material slab beton apron hanya sebesar 83,56% sedangkan material slab beton dikatakan kritis apabila total kerusakan sudah mencapai 100%.

B. Saran

Dalam melakukan permodelan slab beton menggunakan program bantu elemen hingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai asumsi perletakan dalam permodelan slab beton. Dalam melakukan permodelan penentuan jenis meshing sangat berpengaruh dalam menentukan nilai tegangan suatu slab beton.

Menindaklanjuti analisis sensitivitas pada tugas akhir ini dalam menganalisis tegangan slab beton terhadap variasi letak roda pesawat *edge loading* dan *corner loading* perlu dicari letak yang sesuai dengan yang didefinisikan dalam analisis Westergaard. Sehingga nilai tegangan yang dihasilkan dengan program bantu elemen hingga akan valid dengan analisis Westergaard.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Huang Y. H., 2004., *Pavement Analysis and Design*. New Jersey.
- [2] Navneet G., 2009., - *Concrete Airfield Pavement Design - Using FAARFIELD for Rigid Overlays, Concrete Airport Pavement Workshop Atlanta, Georgia*.
- [3] David R. B., 2012., *FAARFIELD 1.3 Software Overview*, Panama,.
- [4] Ekaputri., 2013., Triwulan., *Sodium sebagai Aktivator Fly Ash, Trass da Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer*, Bandung,.
- [5] Redy T., 2014., Perbandingan Metode Perencanaan Perkerasan Kaku pada Apron Dengan Metode FAA, PCA dan LCN dari Segi Biaya Dukung, Surabaya,.
- [6] Novema D.S., 2016., *Pengaruh Serat Poly-Vinyl Alcohol (PVA) pada Karakteristik Beton Geopolimer*, Surabaya,.